



**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> : G03F 7/20, G02B 13/14, 13/18, 13/22		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/33138 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. Juni 2000 (08.06.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/09235 (22) Internationales Anmeldedatum: 27. November 1999 (27.11.99)  (30) Prioritätsdaten: 198 55 108.8 30. November 1998 (30.11.98) DE 198 55 157.6 30. November 1998 (30.11.98) DE 199 22 209.6 14. Mai 1999 (14.05.99) DE 199 42 281.8 4. September 1999 (04.09.99) DE  (71) Anmelder (nur für AT BE CH CY DE DK ES FI FR GR IT LU MC NL PT SE): CARL ZEISS [DE/DE]; D-89518 Heidenheim (DE).  (71) Anmelder (nur für GB IE JP KR): CARL ZEISS STIFTUNG trading as CARL ZEISS [DE/DE]; D-89518 Heidenheim (DE).  (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHUSTER, Karl-Heinz [DE/DE]; Rechbergstrasse 24, D-89551 Königsbronn (DE). ULRICH, Wilhelm [DE/DE]; Lederackerring 44, D-73434 Aalen (DE).			(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

**(54) Title:** LARGE-APERTURED PROJECTION LENS WITH MINIMAL DIAPHRAGM ERROR

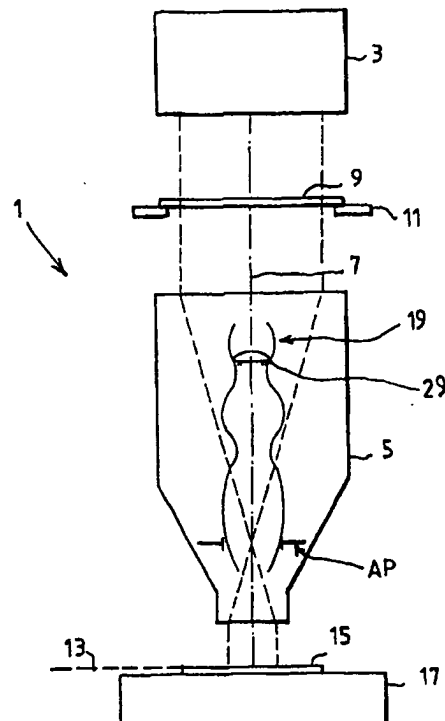
**(54) Bezeichnung:** HOCHAPERTURIGES PROJEKTIONSOBJEKTIV MIT MINIMALEM BLENDEFehler

**(57) Abstract**

The invention relates to a large-apertured microlithography projection lens (5). The diaphragm error is also systematically corrected, so that the pupil plane is slightly curved and the lens can be stopped down without compromising quality. The system diaphragm of the projection lens is located in the area of the last lens cluster of positive refractive power on the image side. The telecentrics of the projection lens remain stable on the image side during stopping down.

**(57) Zusammenfassung**

Bei einem hochaperturigen Projektionsobjektiv (5) der Mikrolithographie wird systematisch auch der Blendenfehler korrigiert, so daß die Pupillenebene wenig gekrümmt ist und das Objektiv ohne Qualitätsverlust abblendbar ist. Bei dem Projektionsobjektiv wird die Systemblende im Bereich der bildseitig letzten Linsengruppe positiver Brechkraft angeordnet. Das Projektionsobjektiv weist bei Abblendung eine stabile bildseitige Telezentrie auf.



# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Hochaperturiges Projektionsobjektiv mit minimalem Blendenfehler

Die Erfindung betrifft ein Projektionsobjektiv der Mikrolithographie, bei dem die Systemblende im Bereich des bildseitig letzten Bauches angeordnet ist, das eine bildseitige numerische Apertur NA von über 0,65 aufweist und einen Bildfelddurchmesser von über 20mm. Derartige Objektive zeichnen sich typischerweise durch eine Auflösung von unter 0,5 Mikrometern bei geringster Verzeichnung und zumindest bildseitige Telezentrie aus.

Das gattungsgemäße mikrolithographische Reduktionsobjektiv nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist ein rein refraktives Hochleistungsobjektiv, wie es für die hochauflösende Mikrolithographie besonders im DUV-Wellenlängenbereich benötigt wird.

Derartige refraktive Objektive mit zwei Strahltaillen sind schon in dem Artikel von E. Glatzel "New lenses for microlithography" SPIE, Vol. 237, 310 (1980) beschrieben und seitdem ständig weiterentwickelt worden. Gattungsgemäße Objektive der Firma Carl Zeiss werden in Wafer-Steppern und Wafer-Scannern PAS der Firma ASML, Niederlande, verkauft.

Ein derartiges Objektiv der Firma Tropol aus dem Jahre 1991 ist in Figur 16 von J.H. Bruning "Optical Lithography - Thirty years and three orders of magnitude" SPIE, Vol 3049, 14-27 (1997) gezeigt. Zahlreiche Varianten gattungsgemäßer Projektionsobjektive finden sich in Patentanmeldungen, so EP 0 712 019-A (US Ser. 337 647 v. 10. Nov. 1994), EP 0 717 299-A, EP 0 721 150-A, EP 0 732 605-A, EP 0 770 895-A, EP 0 803 755-A (US 5.781.278), EP 0 828 172-A

Ähnliche Objektive mit noch etwas kleinerer numerischer Apertur finden sich auch in SU 1 659 955-A, EP 0 742 492-A (Fig. 3) US 5,105,075 (Fig. 2 und 4), US 5,260,832 (Fig. 9) und DD 299 017-A.

Die Blende liegt bei den zitierten Schriften allerdings vielfach anders, insbesondere im Bereich der zweiten Taille.

Regelmäßig ist bei den hochaperturigen Mikrolithographie-Projektionsobjektiven die Möglichkeit des Abblendens auf ca. 60 bis 80 % der maximalen bildseitigen numerischen Apertur vorgesehen.

In der erst nach den Prioritätstagen dieser Anmeldung veröffentlichten DE 199 02 236 A1 wird diese Abblendbarkeit explizit angegeben.

In dieser wie auch in der DE 198 18 444 A1 wird auch die Verwendung asphärischer Linsen vorgesehen, und zwar stets mindestens einer Asphäre im Bereich der zweiten Taille (vierte Linsengruppe).

Die Beispiele Fig 1-3 der Prioritätsanmeldung DE 198 55 108 8 zeigen eine relativ stark gekrümmte Pupillenebene mit ca. 25 mm axialem Versatz zwischen optischer Achse und Rand des Lichtbündels bei voller Öffnung. Dementsprechend sind zum Abblenden aufwändige Blendenkonstruktionen erforderlich.

Die Prioritätsanmeldungen DE 198 55 108.8, DE 198 55 157.6 und DE 199 22 209.6, DE 199 42 281.8 sind mit ihrer Offenbarung einschließlich der Ansprüche Teil der Offenbarung dieser Patentanmeldung.

Als Pupillenebene wird im Sinne dieser Patentanmeldung die gekrümmte Fläche der Pupille oder Fouriertransformierten der Bildebene verstanden, wie sie durch Abbildungsfehler der Linsenanordnung real ausgebildet ist. Der Rand der Aperturblende des Systems muß auf dieser Fläche liegen, wenn Vignettierungseffekte unterbunden sein sollen. Wird die reale Aperturblende in einer planen geometrischen Ebene enger und weiter gemacht, so gilt die Vignettierungsfreiheit näherungsweise umso besser, je weniger die Pupillenebene von einer Planfläche abweicht.

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung gattungsgemäßer Objektive mit gut korrigierter Pupille, was ein sauberes Abblenden ohne Störeffekte mit einfachen Blendenkonstruktionen erlaubt.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein gattungsgemäßes Projektionsobjektiv mit den kennzeichnenden Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 3 – oder von Kombinationen davon.

Die Pupillenebene ist gemäß Anspruch 1 nur noch um höchstens 20 mm, vorzugsweise aber um weniger als 15 mm durchgebogen.

Die bildseitige Telezentrie wird gemäß Anspruch 2 auch bei Abblendung auf das 0,8 fache der nominellen (maximalen) bildseitigen numerischen Apertur sehr gut stabil gehalten, gemessen am geometrischen Schwerstrahl liegt sie unter  $\pm 4$  mrad.

Da die Bildfeldwölbung des vorderen bzw hinteren Objektivteils alleine nicht exakt korrigiert werden kann (jedenfalls nicht mit vertretbarem Aufwand, da das nur über die Brechkraftverteilung zu beeinflussen ist) wird der Bildfehlerkompromiss in der Blendenebene so gewählt, dass die Bildfeldwölbung zumindest in der für die Blendenkonstruktion relevanten tangentialen Abbildung teilweise durch Astigmatismus (der über gezielte Linsendurchbiegung bei unveränderter Brechkraft eingestellt werden kann) kompensiert wird.

Aus der Sicht der optischen Korrektion des Objektivs ist gemäß Anspruch 3 die tangentiale Bildschale der Pupillenabbildung im Blendenraum auf unter 20 mm korrigiert.

Es wird also im Bildfehlerkompromiss des Objektivs auch explizit die Ausbildung der Pupillenebene berücksichtigt.

Im Raum hinter der Pupillenebene wird bei gattungsgemäßen Projektionsobjektiven zur Korrektur der sphärischen Aberration eine Negativlinse benötigt.

Gemäß Anspruch 4 wird nun die erfindungsgemäße Pupillenkorrektur bei Vorhandensein eines pupillenseitig konkaven Meniskus erreicht, was eine gute Korrektur aller Abbildungsfehler erlaubt. Je flacher der zerstreue bildseitige Radius der Negativlinse, desto günstiger ist dies für die Pupillenkorrektur.

Anspruch 5 zeigt die bevorzugte Blendenlage klar weg von der zweiten Taille und gibt auch einen wesentlichen Unterschied zur DE 199 02 336 A1 und zu anderen Schriften aus dem Stand der Technik.

Die Strahlumlenkung in diesem Bereich des dritten Bauchs mit vielen schwachen Positivlinsen ergibt minimierte sphärische Unterkorrektur und erlaubt so schwache Negativlinsen, was wiederum die Korrektur der Pupillenebene entspannt. Insgesamt wird die Variation der Bildfehler beim Abblenden oder bei verschiedenen Beleuchtungssettings durch diese Maßnahme verringert.

Der laut Anspruch 6 vorteilhafterweise vorgesehene sphärisch überkorrigierende Luftraum, dessen Mittendicke größer als die Randdicke ist, läßt sich vorteilhaft in der Nachbarschaft des negativen Meniskus nach Anspruch 4 anordnen.

Anspruch 7 gibt die Erkenntnis wieder, daß eine asphärische Linse mit Vorteil im Bereich vor der ersten Taille angeordnet wird. Asphären im Bereich der zweiten Taille werden dann gemäß Anspruch 8 entbehrlich, während sie im Stand der Technik nach DE 199 02 336 A1 und DE 198 18 444 A1 gerade dort bevorzugt anzuordnen sind.

Anspruch 9 sieht die Materialwahl der Linsen aus Quarzglas und/oder Fluoridkristallen vor, womit die Objektive für den DUV/VUV Bereich, insbesondere bei den Wellenlängen 248 nm, 193 nm und 157 nm geeignet werden. Bevorzugte Fluoridkristalle sind  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{SrF}_2$ ,  $\text{NaF}$  und  $\text{LiF}$ . Näheres hierzu findet sich in der DE 199 08 544.

Anspruch 10 sieht es als vorteilhaft vor, daß das erfindungsgemäße Projektionsobjektiv wie in den Ausführungsbeispielen zwei Tailen und drei Bäuche aufweist. Dies erlaubt eine sehr gute Petzval-Korrektur bei anspruchsvollen Werten von Apertur und Feld.

Die Ansprüche 11 und 12 betreffen eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem erfindungsgemäßen Objektiv und ein mikrolithographisches Herstellverfahren damit.

Anspruch 13 gibt besonders die erfindungsgemäß optimierte Möglichkeit der Anwendung von Belichtungen mit verschiedenen Beleuchtungsarten und / oder numerischer Apertur wieder.

Die Ansprüche können natürlich auch mit den Merkmalen aus den Ansprüchen der Prioritätsanmeldungen kombiniert werden.

Näher erläutert wird die Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele gemäß der Zeichnung und der Tabellen.

Figur 1 zeigt qualitativ eine Projektionsbelichtungsanlage gemäß der Erfindung.

Figur 2 zeigt den Linsenschnitt eines 193 nm Quarzglas/CaF<sub>2</sub>-Projektionsobjektivs mit  $NA = 0,70$ .

Figur 3 zeigt den Linsenschnitt durch eine zweite Linsenordnung, die zwei asphärische Linsenoberflächen aufweist;

Figur 4 zeigt den Linsenschnitt durch eine dritte Linsenordnung, die drei asphärische Oberflächen aufweist;

Figur 5a bis 5g zeigen die Darstellung der tangentialen Queraberrationen;

Figur 6a bis 6g zeigen die Darstellung der sagittalen Queraberrationen;

Figur 7a bis 7f zeigen die Darstellung des Rinnenfehlers anhand von Schnitten;

Figur 8 zeigt den Linsenschnitt durch eine vierte Linsenordnung für 248 nm mit  $NA = 0,70$ .

Anhand von Figur 1 wird zunächst der prinzipielle Aufbau einer Projektionsbelichtungsanlage beschrieben. Die Projektionsbelichtungsanlage 1 weist eine Beleuchtungseinrichtung 3 und ein Projektionsobjektiv 5 auf. Das Projektionsobjektiv umfaßt eine Linsenordnung 19 mit einer Aperturblende AP, wobei durch die Linsenordnung 19 eine optische Achse 7 definiert wird. Zwischen Beleuchtungseinrichtung 3 und Projektionsobjektiv 5 ist eine Maske 9 angeordnet, die mittels eines Maskenhalters 11 im Strahlengang gehalten wird. Solche in der Mikrolithographie verwendeten Masken 9 weisen eine Mikrostruktur auf, die mittels des Projektionsobjektives 5 verkleinert auf eine Bildebene 13 abgebildet wird. In der Bildebene 13 wird ein durch einen Substrathalter 17 positioniertes Substrat bzw. ein Wafer 15 gehalten.

Im folgenden werden diese für gehobene Ansprüche an die Bildqualität sowie an die Auflösung ausgelegten Projektionsobjektive 5, insbesondere deren Linsenanordnung 19, näher beschrieben.

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 und Tabelle 1 ist ein Projektionsobjektiv mit rein sphärischen Linsen, als Quarzglas/CaF<sub>2</sub> Teilachromat für 193 µm Excimer-Laser mit 0,5 pm Bandbreite. Die bildseitige NA ist 0,70, der Bildfelddurchmesser beträgt 29,1 mm.

Die Pupillenebene mit der Aperturblende AS liegt weit abgerückt von der zweiten Taille im Bereich einer Zwischeneinschnürung des dritten Bauchs. Ihre Durchbiegung beträgt 15,8 mm bei einem Lichtbündeldurchmesser von 212 mm.

Zur Bestimmung der Durchbiegung der Pupillenebene wird die tangentielle Bildschale der Pupillenabbildung im Blendenraum bestimmt, derart, dass die axiale Ablage des durch den Objektteil zwischen Bildebene und Pupillenebene erzeugten Bilds eines unter dem Aperturwinkel durch das Bildfeld tretenden Parallelstrahls gegenüber dem Bild eines achsparallelen Parallelstrahls bestimmt wird. Der für Abblendung und Vignettierung nicht erhebliche sagittale Wert beträgt hier 26,5 mm und zeigt so den eingeführten Astigmatismus.

Bei Abblendung auf NA=0,56 zeigt das Objektiv eine Telezentrieabweichung des geometrischen Schwerstrahls von 3 mrad.

Besonderer Wert wurde bei dieser Linsenanordnung auch auf kleine Durchmesser der CaF<sub>2</sub>-Linsen gelegt, da deren Verfügbarkeit eingeschränkt ist.

Die Beispiele der Fig 3 und 4 weisen Asphären auf.

Diese asphärischen Flächen werden durch die Gleichung:

$$P(h) = \frac{\delta \cdot h^2}{1 + \sqrt{1 - (1-EX) \cdot \delta^2 \cdot h^2}} + C_1 h^4 + \dots + C_n h^{2n-2} \quad \text{mit } \delta = 1/R$$

beschrieben, wobei P die Pfeilhöhe als Funktion des Radius h (Höhe zur optischen Achse 7) mit den in den Tabellen angegebenen asphärischen Konstanten C<sub>1</sub> bis C<sub>n</sub> ist. R ist der in den Tabellen angegebene Scheitelradius.



In Figur 3 und Tab. 2 ist eine für die Wellenlänge  $\lambda = 248 \text{ nm}$  ausgelegte Quarzglas-Linsenanordnung 19 im Schnitt gezeigt. Diese Linsenanordnung 19 mit  $NA=0,75$  und Bildfelddurchmesser 27,2 mm weist zwei asphärische Linsenflächen 27, 29 auf. Die erste asphärische Linsenfläche 27 ist auf der Linse L210 bildseitig angeordnet. Es könnte auch vorgesehen sein, diese zweite asphärische Linsenoberfläche 27 auf der der Beleuchtungseinrichtung zugewandten Seite der Linse L211 anzuordnen. Die beiden Linsen L210 und L211 sind für die Aufnahme der asphärischen Linsenoberfläche 27 prädestiniert. Es kann auch vorgesehen sein, anstelle der Linsen L210 und L211 eine Meniskenlinse vorzusehen, die eine asphärische Linsenoberfläche aufweist. Die zweite asphärische Linsenoberfläche 29 ist im Endbereich der ersten Linsengruppe, auf der der Beleuchtungseinrichtung 3 abgewandten Seite der Linse L205, angeordnet. Es kann auch vorgesehen sein, diese asphärische Linsenoberfläche 29 auf der darauf folgenden Linse L206 in dem Beginn der zweiten Linsengruppe anzuordnen.

Eine besonders große Wirkung erhält man bei der Anordnung der Asphären 27, 29 auf Linsenoberflächen, bei denen die auftreffenden Strahlen zur jeweiligen Oberflächennormalen einen großen Winkel einschließen. Dabei ist besonders die große Variation der Auftreffwinkel bedeutsam. In Figur 10 erreicht der Wert von  $\sin i$  bei der asphärischen Linsenoberfläche 31 einen Wert bis zu 0.82. Infolgedessen haben in diesem Ausführungsbeispiel die einander zugewandten Linsenoberflächen der Linsen L210, L211 einen größeren Einfluß auf den Strahlenverlauf im Vergleich zu der jeweils anderen Linsenoberfläche der entsprechenden Linse L210, L211.

Im Bereich der zweiten Taille, Linsengruppe LG4, ist keine Asphäre vorgesehen.

Bei einer Länge von 1000 mm und einem maximalen Linsendurchmesser von 237,3 mm weist diese Linsenanordnung bei einer Wellenlänge von 248,38 nm eine numerische Apertur von 0,75 auf. Die Bildfelddiagonale beträgt 27,21 mm. Es ist eine Strukturbreite von 0,15  $\mu\text{m}$  auflösbar. Die größte Abweichung von der idealen Wellenfront beträgt 13,0 m $\lambda$ . Die genauen Linsendaten, bei denen diese Leistungsdaten erreicht werden, sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Die Pupillenebene schneidet die optische Achse bei AP. Ihre Durchbiegung beträgt 12,8 mm. Eine Abblendung auf  $NA=0,60$  ist ohne Qualitätsverlust mit einer in der Ebene AP liegenden Blende möglich. Die Telezentrieabweichung des geometrischen Schwerstrahls beträgt dabei ca. 1.5 mrad.

Eine weitere Ausführungsform einer Linsenanordnung 19 für die Wellenlänge 248,38 nm ist in Figur 4 und Tabelle 3 gezeigt. Bei einer bildseitigen  $NA=0,77$  ist der Bildfelddurchmesser 27,2mm.

Diese Linsenanordnung 19 weist drei Linsen L305, L310, L328 auf, die jeweils eine asphärische Linsenoberfläche 27, 29, 31 aufweisen. Die asphärischen Linsenoberflächen 27, 29 sind an den aus Figur 3 bekannten Positionen belassen worden. Durch die asphärische Linsenoberfläche 27 ist die Koma mittleren Ordnung für die Bildfeldzone einstellbar. Dabei sind die Rückwirkungen auf Schnitte in tangentialer Richtung sowie sagittaler Richtung gering.

Die zusätzliche dritte asphärische Linsenoberfläche 31 ist maskenseitig auf der Linse L328 angeordnet. Diese asphärische Linsenoberfläche 31 unterstützt die Komakorrektur zum Bildfeldrand hin.

Mittels dieser drei asphärischen Linsenoberflächen 27, 29, 31 wird bei einer Wellenlänge von 248,38 nm bei einer Länge von nur 1000 mm und einem maximalen Linsendurchmesser von 247,2 mm die weiter gesteigerte numerische Apertur von 0,77 und eine im gesamten Bildfeld gut auflösbare Strukturbreite von 0,14  $\mu\text{m}$  erreicht. Die maximale Abweichung von der idealen Wellenfront beträgt 12.0 m $\lambda$ .

Um die Durchmesser der Linsen in LG5 klein zu halten und um eine für das System vorteilhafte Petzvalsumme, die nahezu null sein sollte beizubehalten, sind die drei Linsen L312, L313, L314 in der dritten Linsengruppe LG3 vergrößert. Für die Bereitstellung des erforderlichen axialen Bauraumes für diese drei Linsen L312-L314 sind die Dicken anderer Linsen und damit die Durchmesser, insbesondere der Linsen der ersten Gruppe LG1, reduziert worden. Dies ist ein ausgezeichnete Weg, um in einem begrenzten Bauraum sehr große Bildfelder und Aperturen unterzubringen.

Die hohe Bildqualität, die durch diese Linsenordnung erreicht wird, ist aus den Figuren 5a - 5g, Figur 6a - 6g und Figur 7a - 7f zu ersehen.

Figuren 5a - 5g geben für die Bildhöhen  $Y'$  (in mm) die meridionale Queraberration DYM an. Alle zeigen bis zu den höchsten  $DW'$  hervorragenden Verlauf.

Figuren 6a - 6g geben für die gleichen Bildhöhen die sagittalen Queraberrationen DZS als Funktion des halben Aperturwinkels  $DW'$  an.

Figuren 7a - 7f geben für die gleichen Bildhöhen den Rinnenfehler DYS an, der durchgängig nahezu null ist.

Die genauen Linsendaten sind der Tabelle 3 zu entnehmen, wobei die asphärischen Linsenoberflächen 27, 29, 31 an der gewährleistbaren hohen Bildqualität einen erheblichen Anteil haben.

Die Durchbiegung der Pupillenebene AP beträgt 14.6 mm bei voller Apertur. Die Telezentrieabweichung bei Abblendung auf  $NA = 0.62$  beträgt 1,5 mrad, bestimmt wie bei den vorhergehenden Beispielen.

Eine weitere Linsenordnung für die Wellenlänge 248 nm ist in Figur 8 und Tabelle 4 gezeigt.

Dieses Beispiel ist wiederum rein sphärisch aufgebaut. Es ist besonders darauf ausgelegt, daß die Verzeichnung und die weiteren Abbildungsfehler auch mit verschiedenen Beleuchtungsarten (verschiedener Kohärenzgrad, Ringaperturbeleuchtung, Quadrupolbeleuchtung) und bei deutlichem Abblenden minimal bleiben. Die Pupillenebene ist dabei auf eine Durchbiegung von 18,5 mm bei voller Apertur korrigiert.

Auch hier geschieht das dadurch, daß das gekrümmte Bild der Pupille durch gezielte Korrektur des Astigmatismus im Tangentialschnitt weitgehend kompensiert wurde.

Die Luftlinse zwischen den Linsen 623, 624, die Aufspaltung des negativen Meniskus in zwei Linsen 624, 625 und die von der zweiten Taille (617) deutlich durch zwei positive Linsen getrennte Lage der Pupillenebene bei AS tragen zu ihrer Ebnung bei.

Bei einem hochaperturigen Projektionsobjektiv der Mikrolithographie wird demnach der Blendfehler systematisch korrigiert, so daß eine nur wenig gekrümmte Pupillenebene das Abblenden ohne Qualitätsverlust erlaubt.

Wie schon gesagt, sind die Ausführungsbeispiele nicht beschränkend für den Gegenstand der Erfindung.

Tabelle 1

 $\lambda$  (193 nm)

No.	r (mm)	d (mm)	Glas	H <sub>max</sub> (mm)
0	$\infty$	15,691		64
21	-154,467	11,998	SiO <sub>2</sub>	64
	446,437	12,272		73
22	-723,377	25,894	SiO <sub>2</sub>	74
	-222,214	,824		80
23	920,409	26,326	SiO <sub>2</sub>	89
	-287,371	,750		90
24	499,378	30,073	SiO <sub>2</sub>	94
	-358,998	,751		94
25	238,455	27,454	SiO <sub>2</sub>	90
	-3670,974	,750		89
26	182,368	13,402	SiO <sub>2</sub>	81
	115,264	31,874		72
27	-710,373	13,095	SiO <sub>2</sub>	72
	-317,933	2,550		71
28	-412,488	8,415	SiO <sub>2</sub>	69
	132,829	32,913		65

29	-184,651	11,023	SiO <sub>2</sub>	66
	2083,916	28,650		71
30	-120,436	10,736	SiO <sub>2</sub>	72
	-629,160	16,486		86
31	-213,698	24,772	SiO <sub>2</sub>	89
	-151,953	,769		95
32	11013,497	48,332	SiO <sub>2</sub>	115
	-202,880	,750		118
33	-1087,551	22,650	SiO <sub>2</sub>	122
	-483,179	,750		124
34	1797,628	23,724	SiO <sub>2</sub>	125
	-1285,887	,751		125
35	662,023	23,589	SiO <sub>2</sub>	124
	45816,292	,750		123
36	361,131	22,299	SiO <sub>2</sub>	119
	953,989	,750		117
37	156,499	49,720	CaF <sub>2</sub>	107
	2938,462	,154		103
38	377,619	8,428	SiO <sub>2</sub>	94
	123,293	40,098		80
39	-425,236	10,189	SiO <sub>2</sub>	78
	413,304	18,201		74
40	-302,456	6,943	SiO <sub>2</sub>	73
	190,182	46,542		73
41	-109,726	9,022	SiO <sub>2</sub>	73
	-1968,186	5,547		89
→ 42	-768,656	37,334	CaF <sub>2</sub>	90
	-145,709	,753		94
43	925,552	49,401	CaF <sub>2</sub>	108
	-193,743	,847		109
44	507,720	22,716	CaF <sub>2</sub>	105
	-1447,522	21,609		104

45	-250,873	11,263	SiO <sub>2</sub>	104
	314,449	2,194		105
46	316,810	28,459	CaF <sub>2</sub>	106
	-1630,246	4,050		106
AS	Blende	15,000		106
47	312,019	45,834	CaF <sub>2</sub>	108
	-355,881	11,447		108
48	-242,068	14,119	SiO <sub>2</sub>	107
	312,165	4,687		112
49	327,322	49,332	SiO <sub>2</sub>	114
	-372,447	14,727		115
50	-234,201	26,250	SiO <sub>2</sub>	115
	-226,616	,850		118
51	203,673	45,914	SiO <sub>2</sub>	113
	-3565,135	,751		111
52	157,993	29,879	SiO <sub>2</sub>	94
	431,905	14,136		90
53	-1625,593	12,195	SiO <sub>2</sub>	88
	230,390	,780		76
54	124,286	66,404	SiO <sub>2</sub>	71
	538,229	1,809		46
55	778,631	4,962	CaF <sub>2</sub>	45
	43,846	2,050		34
56	43,315	23,688	CaF <sub>2</sub>	33
	1056,655	2,047		29
P2	$\infty$	2,000	CaF <sub>2</sub>	27
	$\infty$	12,000		26
IM	$\infty$			14

Bildseitige numerische Apertur 0,75 Bildfelddurchmesser 29 mm  
 Linsen 37 davon CaF<sub>2</sub> 5

chromatischer Längsfehler

CHL (500 pm) = 0,15 mm

chromatischer Querfehler

CHV (500 pm) = -0,55 mm

Tabelle 2

m736a Linsen	RADIEN	DICKEN	GLAESER	1/2 * Linsendurchmesser
	UNENDL	16.6148		60.752
L201	-140.92104	7.0000	SIO2	61.267
	-4944.48962	4.5190		67.230
L202	-985.90855	16.4036	SIO2	68.409
	-191.79393	.7500		70.127
L203	18376.81346	16.5880	SIO2	73.993
	-262.28779	.7500		74.959
L204	417.82018	21.1310	SIO2	77.129
	-356.76055	.7500		77.193
L205	185.38468	23.3034	SIO2	74.782
	-1198.61550	A7500		73.634
L206	192.13950	11.8744	SIO2	68.213
	101.15610	27.6353		61.022
L207	-404.17514	7.0000	SIO2	60.533
	129.70591	24.1893		58.732
L208	-235.98146	7.0584	SIO2	59.144
	-203.88450	.7500		60.201
L209	-241.72595	7.0000	SIO2	60.490
	196.25453	33.3115		65.017
L210	-122.14995	7.0000	SIO2	66.412
	-454.65265	A 10.8840		77.783
L211	-263.01247	22.6024	SIO2	81.686
	-149.71102	1.6818		86.708
L212	-23862.31899	43.2680	SIO2	104.023
	-166.87798	.7500		106.012
L213	340.37670	44.9408	SIO2	115.503
	-355.50943	.7500		115.398
L214	160.11879	41.8846	SIO2	102.982
	4450.50491	.7500		100.763
L215	172.51429	14.8261	SIO2	85.869
	116.88490	35.9100		74.187
L216	-395.46894	7.0000	SIO2	72.771
	178.01469	28.0010		66.083
L217	-176.03301	7.0000	SIO2	65.613
	188.41213	36.7224		66.293
L218	-112.43820	7.0059	SIO2	66.917
	683.42330	17.1440		80.240
L219	-350.01763	19.1569	SIO2	82.329
	-194.58551	.7514		87.159
L220	-8249.50149	35.3656	SIO2	99.995
	-213.88820	.7500		103.494
L221	657.56358	31.3375	SIO2	114.556
	-428.74102	.0000		115.245
	UNENDL	2.8420		116.016
	BLLENDE	.0000		116.016
L222	820.30582	27.7457	SIO2	118.196
	-520.84842	18.4284		118.605
L223	330.19085	37.7586	SIO2	118.273
	-672.92481	23.8692		117.550



Tabelle 2

L224	-233.67936	10.0000	SIO2	116.625
	-538.42627	10.4141		117.109
L225	-340.26626	21.8583	SIO2	116.879
	-224.85666	.7500		117.492
L226	146.87143	34.5675	SIO2	100.303
	436.70958	.7500		97.643
L227	135.52861	29.8244	SIO2	86.066
	284.57463	18.9234		79.427
L228	-7197.04545	11.8089	SIO2	72.964
	268.01973	.7500		63.351
L229	100.56453	27.8623	SIO2	56.628
	43.02551	2.0994		36.612
L230	42.30652	30.9541	SIO2	36.023
	262.65551	1.9528		28.009
	UNENDL	12.0000		27.482
	UNENDL			13.602

Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 29:

$$\begin{aligned}
 EX &= -0,17337407 \cdot 10^3 \\
 C1 &= 0,15292522 \cdot 10^{-7} \\
 C2 &= 0,18756271 \cdot 10^{-11} \\
 C3 &= -0,40702661 \cdot 10^{-16} \\
 C4 &= 0,26176919 \cdot 10^{-19} \\
 C5 &= -0,36300252 \cdot 10^{-23} \\
 C6 &= 0,42405765 \cdot 10^{-27}
 \end{aligned}$$

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 27:

$$\begin{aligned}
 EX &= -0,36949981 \cdot 10^1 \\
 C1 &= 0,20355563 \cdot 10^{-7} \\
 C2 &= -0,22884234 \cdot 10^{-11} \\
 C3 &= -0,23852614 \cdot 10^{-16} \\
 C4 &= -0,19091022 \cdot 10^{-19} \\
 C5 &= 0,27737562 \cdot 10^{-23} \\
 C6 &= -0,29709625 \cdot 10^{-27}
 \end{aligned}$$

Tabelle 3

Linsen	RADIEN	DICKEN	GLAESER	1/2 * Linsendurchmesser
	UNENDL	17.8520		60.958
L301	-131.57692	7.0000	SIO2	61.490
	-195.66940	.7500		64.933
L302	-254.66366	8.4334	SIO2	65.844
	-201.64480	.7500		67.386
L303	-775.65764	14.0058	SIO2	69.629
	-220.44596	.7500		70.678
L304	569.58638	18.8956	SIO2	72.689
	-308.25184	.7500		72.876
L305	202.68033	20.7802	SIO2	71.232
	-1120.20883	A7500		70.282
L306	203.03395	12.1137	SIO2	65.974
	102.61512	26.3989		59.566
L307	-372.05336	7.0000	SIO2	59.203
	144.40889	23.3866		58.326
L308	-207.93626	7.0303	SIO2	58.790
	-184.65938	.7500		59.985
L309	-201.97720	7.0000	SIO2	60.229
	214.57715	33.1495		65.721
L310	-121.80702	7.0411	SIO2	67.235
	-398.26353	A 9.7571		79.043
L311	-242.40314	22.4966	SIO2	81.995
	-146.76339	.7553		87.352
L312	-2729.19964	45.3237	SIO2	104.995
	-158.37001	.7762		107.211
L313	356.37642	52.1448	SIO2	118.570
	-341.95165	1.1921		118.519
L314	159.83842	44.6278	SIO2	105.627
	2234.73586	.7698		102.722
L315	172.14697	16.8360	SIO2	88.037
	119.53455	36.6804		75.665
L316	-392.62196	7.0000	SIO2	74.246
	171.18767	29.4986		67.272
L317	-176.75022	7.0000	SIO2	66.843
	186.50720	38.4360		67.938
L318	-113.94008	7.0213	SIO2	68.650
	893.30270	17.7406		82.870
L319	-327.77804	18.9809	SIO2	85.090
	-192.72640	.7513		89.918
L320	-3571.89972	34.3608	SIO2	103.882
	-209.35555	.7500		106.573
L321	676.38083	32.6220	SIO2	119.191
	-449.16650	.0000		119.960
	UNENDL	2.8420		120.991
	LENDE	.0000		120.991
L322	771.53843	30.6490	SIO2	123.568
	-525.59771	13.4504		124.005
L323	330.53202	40.0766	SIO2	123.477
	-712.47666	23.6787		122.707

Tabelle 3

L324	-250.00950	10.0000	SIO2	121.877
	-513.10270	14.8392		121.995
L325	-344.63359	20.3738	SIO2	121.081
	-239.53067	.7500		121.530
L326	146.13385	34.7977	SIO2	102.544
	399.32557	.7510		99.992
L327	132.97289	29.7786	SIO2	87.699
	294.53397	18.8859		82.024
L328	-3521.27938	11.4951	SIO2	75.848
	287.11066	.7814		65.798
L329	103.24804	27.8602	SIO2	58.287
	41.64286	1.9089		36.734
L330	41.28081	31.0202	SIO2	36.281
	279.03201	1.9528		28.934
	UNENDL	12.0000		28.382
	UNENDL			13.603

Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 29:

$$\begin{aligned}
 EX &= -0,16784093 \cdot 10^{-3} \\
 C\ 1 &= 0,49600479 \cdot 10^{-9} \\
 C\ 2 &= 0,31354487 \cdot 10^{-11} \\
 C\ 3 &= -0,65827200 \cdot 10^{-15} \\
 C\ 4 &= 0,44673095 \cdot 10^{-19} \\
 C\ 5 &= -0,73057048 \cdot 10^{-23} \\
 C\ 6 &= 0,91524489 \cdot 10^{-27}
 \end{aligned}$$

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 27:

$$\begin{aligned}
 EX &= -0,22247325 \cdot 10^{-1} \\
 C\ 1 &= 0,24479896 \cdot 10^{-7} \\
 C\ 2 &= -0,22713172 \cdot 10^{-11} \\
 C\ 3 &= 0,36324126 \cdot 10^{-15} \\
 C\ 4 &= -0,17823969 \cdot 10^{-19} \\
 C\ 5 &= 0,26799048 \cdot 10^{-23} \\
 C\ 6 &= -0,27403392 \cdot 10^{-27}
 \end{aligned}$$

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 31:

$$\begin{aligned}
 EX &= 0 \\
 C\ 1 &= -0,45136584 \cdot 10^{-09} \\
 C\ 2 &= 0,34745936 \cdot 10^{-12} \\
 C\ 3 &= 0,11805250 \cdot 10^{-17} \\
 C\ 4 &= -0,87762405 \cdot 10^{-21}
 \end{aligned}$$

Tabelle 4

No.	r (mm)	d (mm)	Glas
0b		36,005	
601	-1823,618	15,518	Quarzglas
	-214,169	10,000	
602	-134,291	7,959	Quarzglas
	328,009	6,376	
603	783,388	26,523	Quarzglas
	-163,805	,600	
604	325,109	20,797	Quarzglas
	-499,168	1,554	
605	224,560	24,840	Quarzglas
	-403,777	,600	
606	142,336	9,000	Quarzglas
	86,765	23,991	
607	6387,721	7,700	Quarzglas
	148,713	21,860	
608	-185,678	8,702	Quarzglas
	237,204	30,008	
609	-104,297	9,327	Quarzglas
	-1975,424	12,221	
610	-247,819	17,715	Quarzglas
	-152,409	,605	
611	1278,476	40,457	Quarzglas
	-163,350	,778	
612	697,475	28,012	Quarzglas
	-346,153	2,152	
613	232,015	28,068	Quarzglas
	-3080,194	2,606	

614	219,153	21,134	Quarzglas
	434,184	9,007	
615	155,091	13,742	Quarzglas
	103,553	34,406	
616	-207,801	8,900	Quarzglas
	131,833	35,789	
617	-118,245	9,299	Quarzglas
	1262,191	27,280	
618	-121,674	42,860	Quarzglas
	-151,749	,825	
619	-366,282	20,128	Quarzglas
	-236,249	,838	
620	2355,228	31,331	Quarzglas
	-296,219	2,500	
P61	∞	6,000	Quarzglas
	∞	12,554	
AS			
621	774,283	29,041	Quarzglas
	-782,899	,671	
622	456,969	28,257	Quarzglas
	-1483,609	,603	
623	227,145	30,951	Quarzglas
	658,547	36,122	
624	-271,535	15,659	Quarzglas
	-997,381	4,388	
625	-1479,857	27,590	Quarzglas
	-288,684	,604	
626	259,988	22,958	Quarzglas
	1614,379	,600	
627	105,026	29,360	Quarzglas
	205,658	,600	
628	110,916	16,573	Quarzglas

	139,712	13,012	
629	499,538	8,300	Quarzglas
	56,675	9,260	
630	75,908	17,815	Quarzglas
	51,831	,995	
631	43,727	19,096	Quarzglas
	499,293	2,954	
P62	$\infty$	2,000	Quarzglas
	$\infty$	12,000	
Im			

## Patentansprüche:

1. Projektionsobjektiv der Mikrolithographie, bei dem die Systemblende im Bereich des bildseitig letzten Bauches angeordnet ist, das eine bildseitige numerische Apertur NA von über 0,65 aufweist und einen Bildfelddurchmesser von über 20mm, dadurch gekennzeichnet, daß die Pupillenebene über den Lichtbündelquerschnitt maximal um 20 mm, vorzugsweise um unter 15 mm, durchgebogen ist.
2. Projektionsobjektiv der Mikrolithographie, bei dem die Systemblende im Bereich des bildseitig letzten Bauches angeordnet ist, das eine bildseitige numerische Apertur NA von über 0,65 aufweist und einen Bildfelddurchmesser von über 20mm, dadurch gekennzeichnet, daß das Objektiv bei Abblendung bis auf das 0,8 fache seiner bildseitigen numerischen Apertur eine Telezentriabweichung von unter  $\pm 4$  mrad, vorzugsweise unter  $\pm 3$  mrad, des geometrischen Schwerstrahls aufweist.
3. Projektionsobjektiv der Mikrolithographie, bei dem die Systemblende im Bereich des bildseitig letzten Bauches angeordnet ist, das eine bildseitige numerische Apertur NA von über 0,65 aufweist und einen Bildfelddurchmesser von über 20mm, dadurch gekennzeichnet, daß die tangentielle Bildschale der Pupillenabbildung im Blendenraum auf unter 20 mm, vorzugsweise auf unter 15 mm korrigiert ist.
4. Projektionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Negativlinse, die im Strahlengang auf die Pupillenebene folgt, ein pupillenseitig konkaver Meniskus ist.

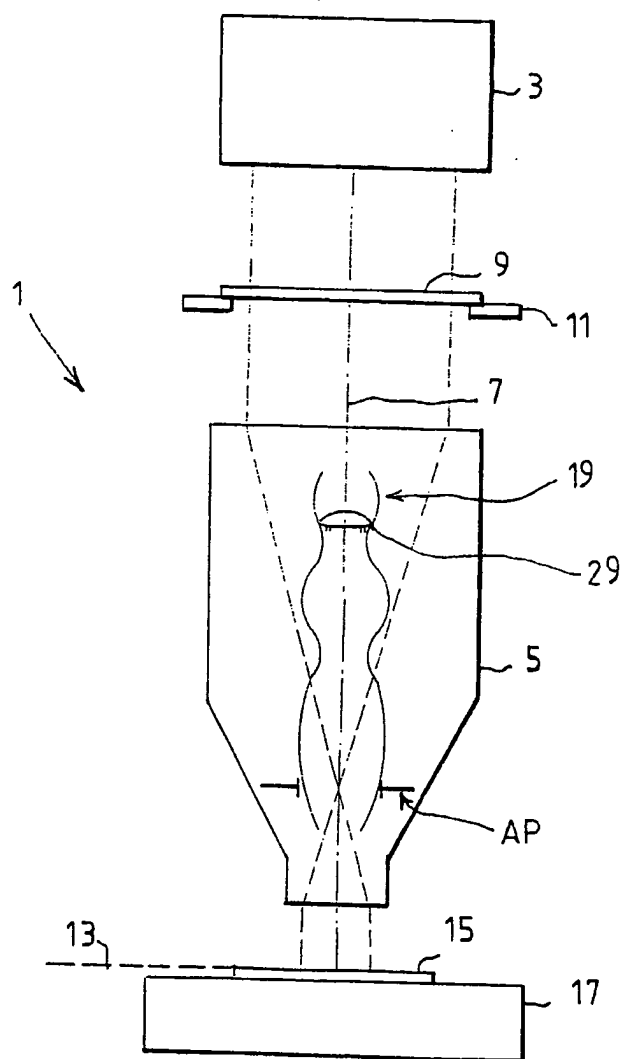
5. Projektionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß an jeder Taille eine Linsengruppe negativer Brechkraft, an jedem Bauch eine Linsengruppe positiver Brechkraft angeordnet ist, und daß mindesten zwei, vorzugsweise mindestens drei, positive Linsen der Linsengruppe des dritten Bauchs vor der Pupillenebene angeordnet sind.
6. Projektionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich des dritten Bauchs vor der Pupillenebene mindestens ein sphärisch überkorrigierender Luftraum zwischen benachbarten Linsen angeordnet ist.
7. Projektionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Linse mit einer asphärischen Oberfläche vor der ersten Taille angeordnet ist.
8. Projektionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Taille nur mit sphärischen Linsen aufgebaut ist.
9. Projektionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß Quarzglas und Fluoridkristalle, insbesondere  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{SrF}_2$ ,  $\text{LiF}$  einzeln oder in Kombination als Linsenwerkstoff eingesetzt sind.
10. Projektionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Taillen und drei Bäuche ausgebildet sind.
11. Projektionsbelichtungsanlage der Mikrolithographie, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein Projektionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10 enthält.
12. Verfahren zur Herstellung mikrostrukturierter Bauteile, bei dem ein mit einer lichtempfindlichen Schicht versehenes Substrat mittels einer Maske und einer Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 11 durch ultraviolettes Licht belichtet wird und gegebenenfalls nach Entwick-



keln der lichtempfindlichen Schicht entsprechend einem auf der Maske enthaltenen Muster strukturiert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12 mit mehreren Belichtungen mit verschiedenen Beleuchtungsarten und / oder numerischen Aperturen.

FIG. 1



2/11

FIG. 2

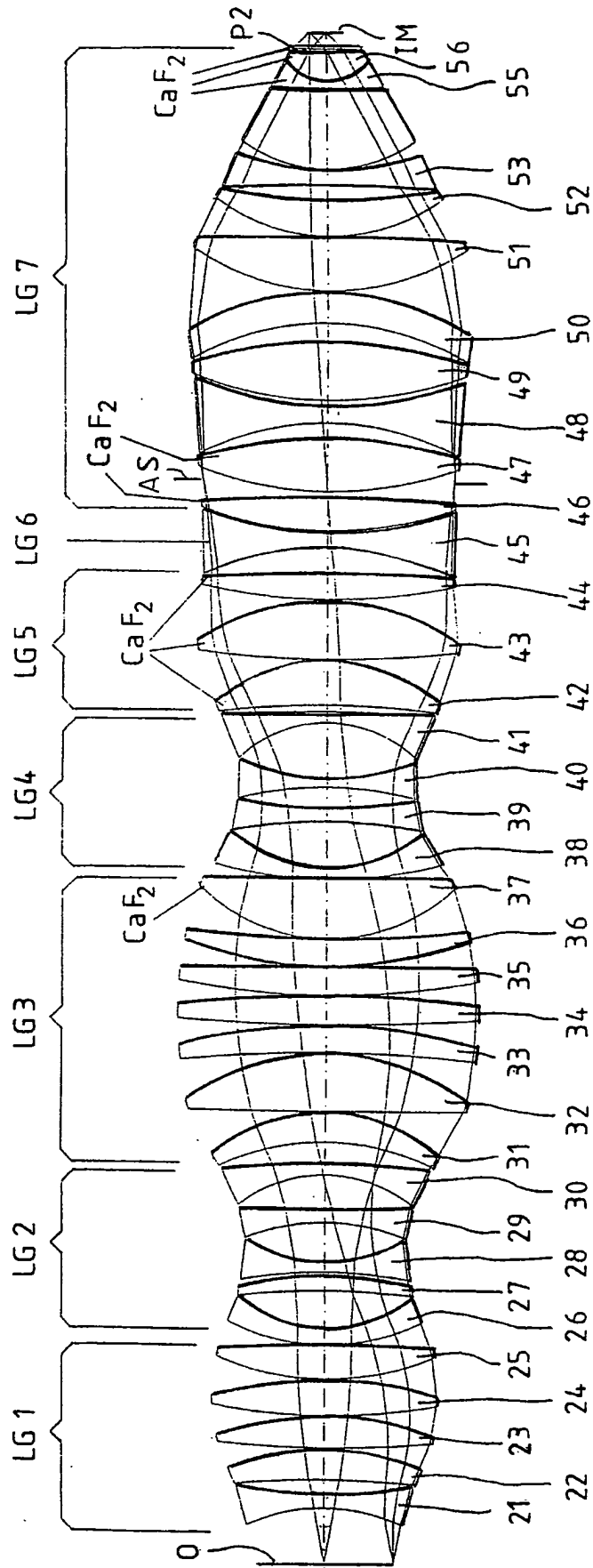


FIG. 3

3/11

19

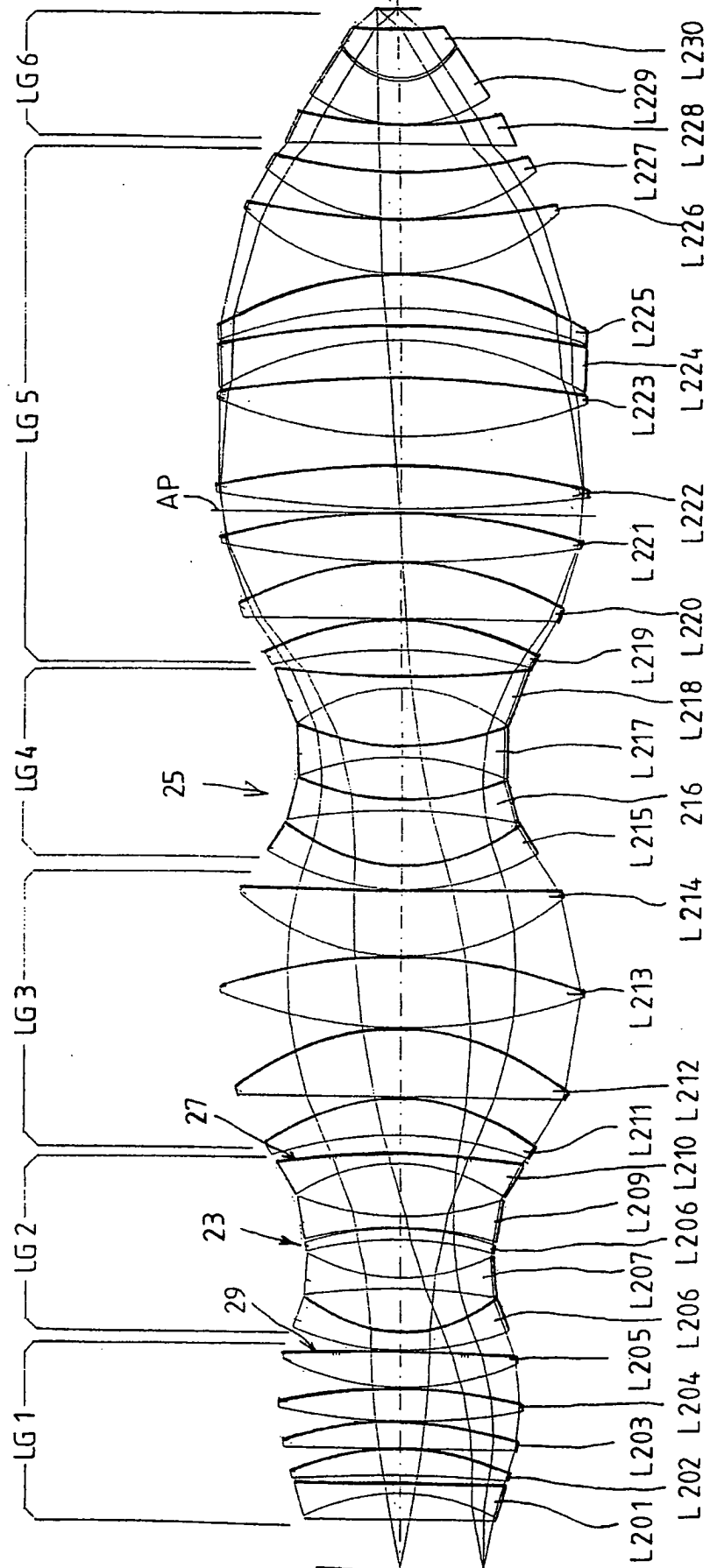
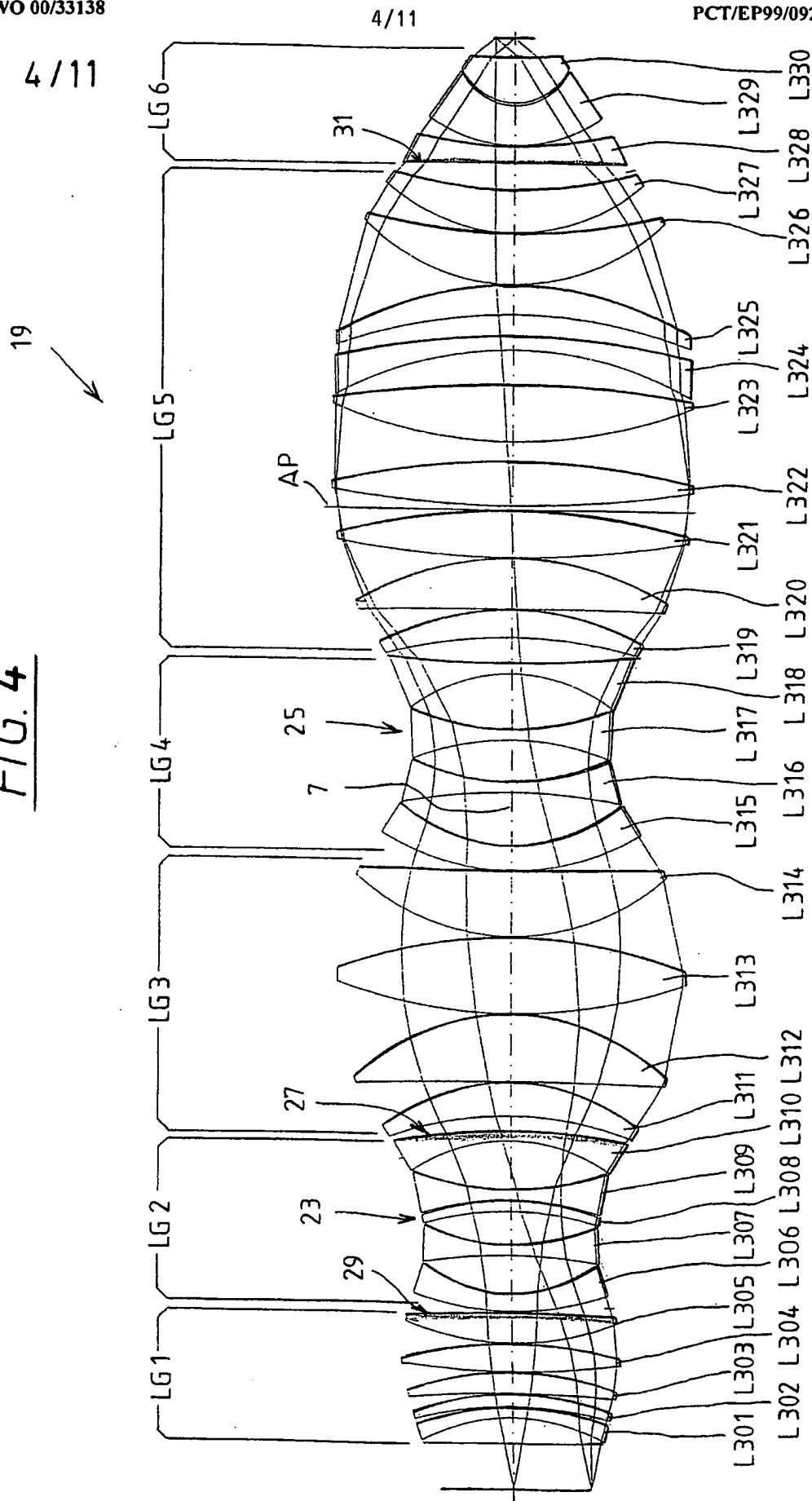
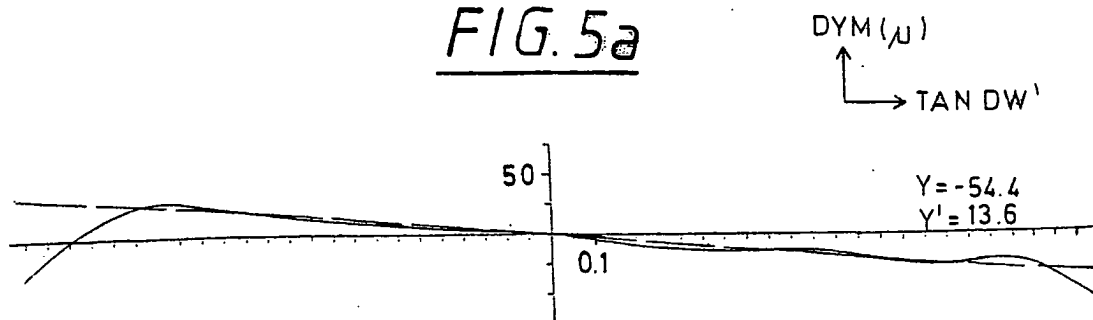
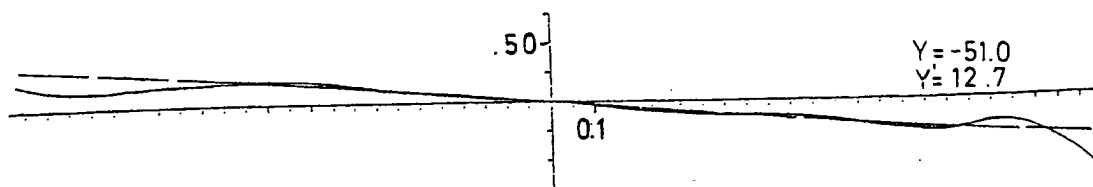
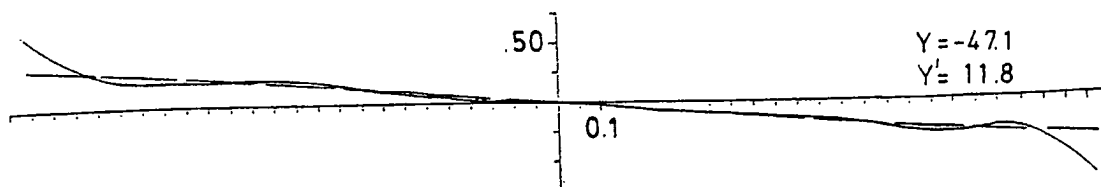


FIG. 4



5/11

FIG. 5aFIG. 5bFIG. 5c

6/11

FIG. 5d

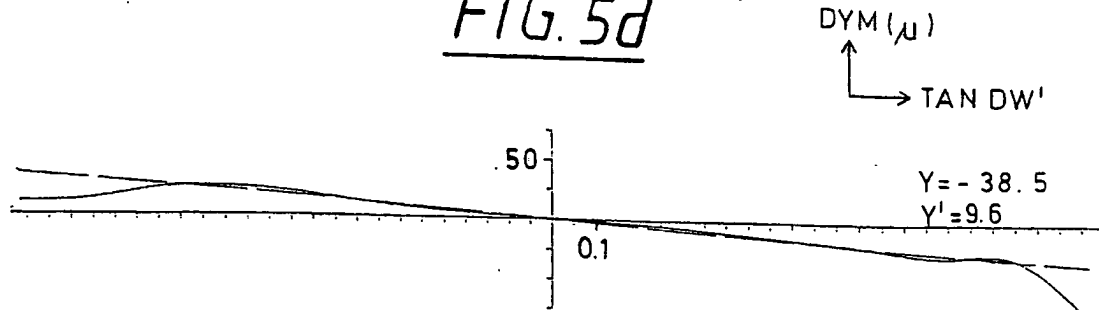


FIG. 5e

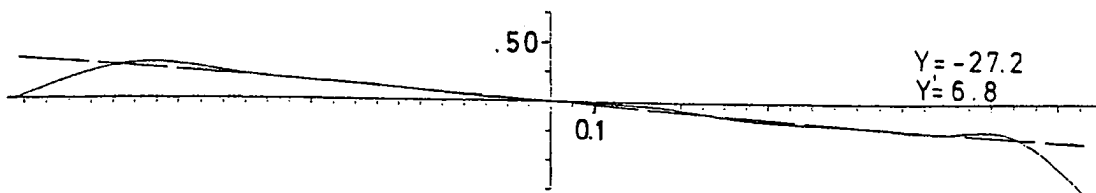


FIG. 5f

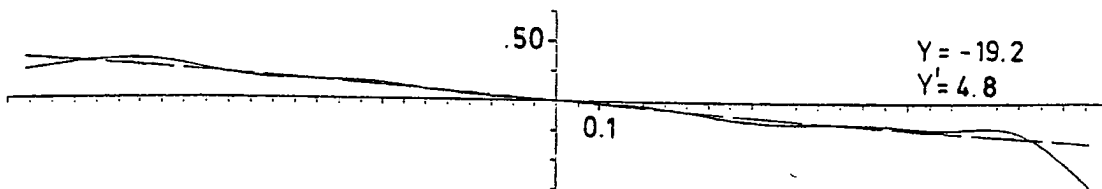
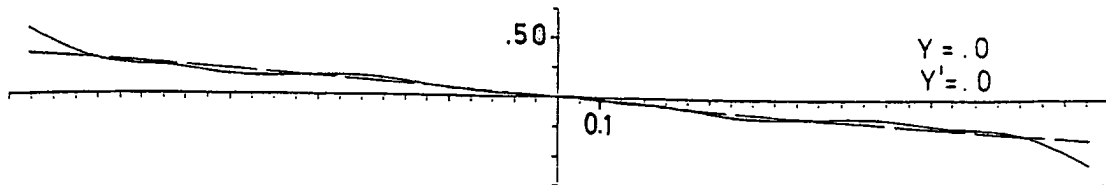
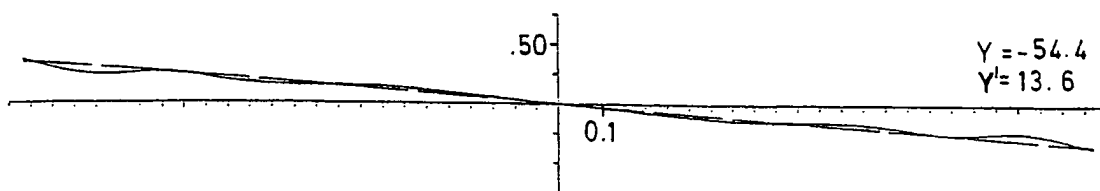
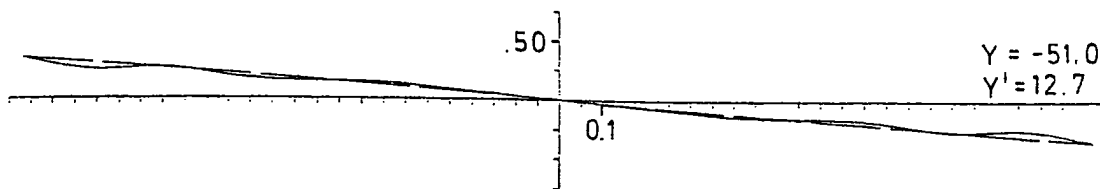
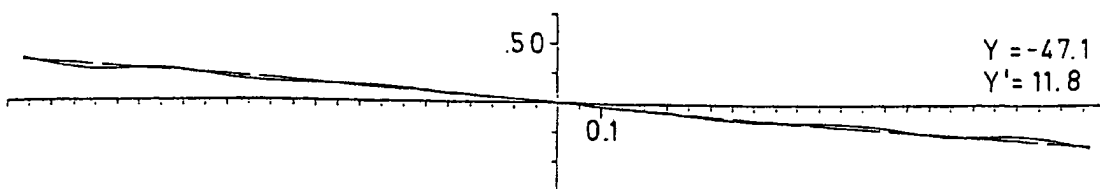


FIG. 5g



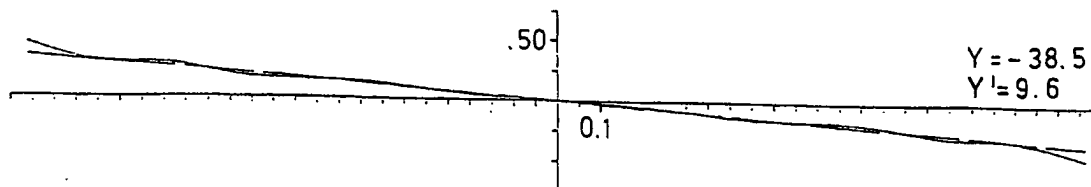
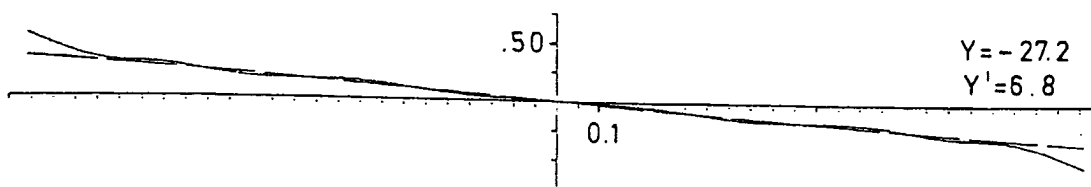
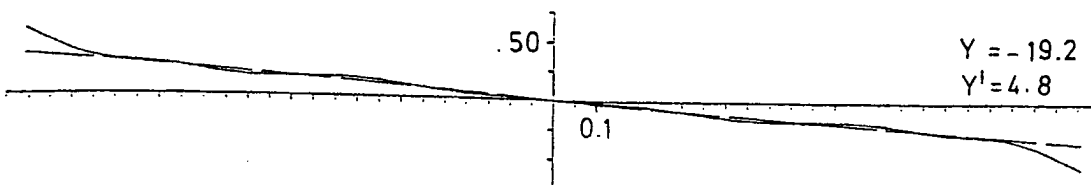
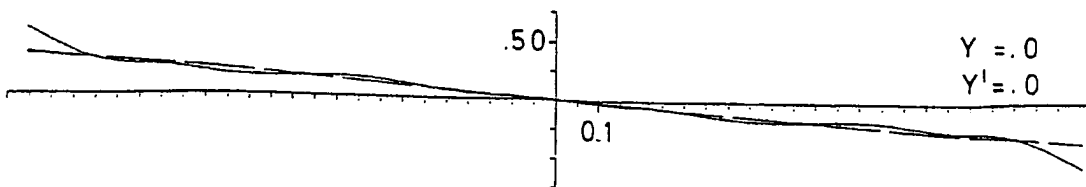
7/11

DZS ( $\mu$ )  
↑  
→ TAN DW'

FIG. 6aFIG. 6bFIG. 6c



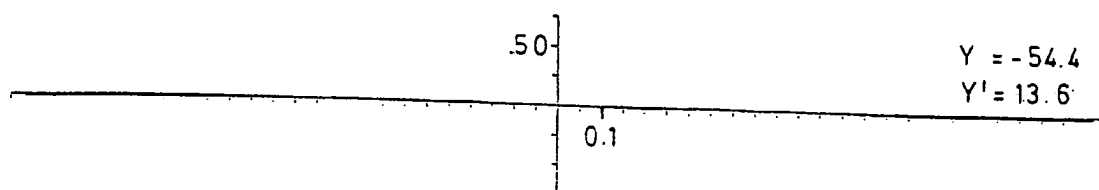
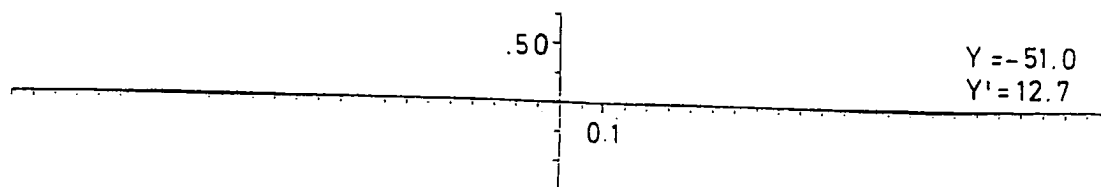
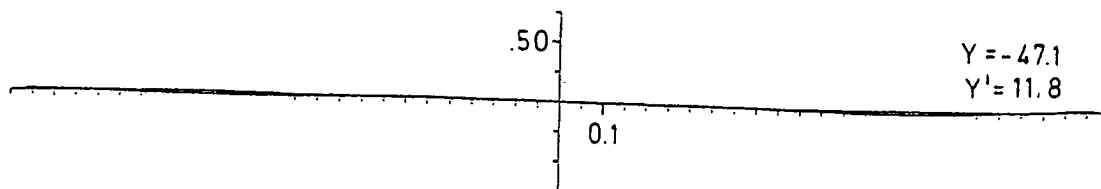
DZS ( $\mu$ )  
↑  
→ TAN DW'

FIG. 6dFIG. 6eFIG. 6fFIG. 6g

9/11

FIG. 7a

DYS ( $\mu$ )  
↑  
→ TAN DW'

FIG. 7bFIG. 7c

10/11

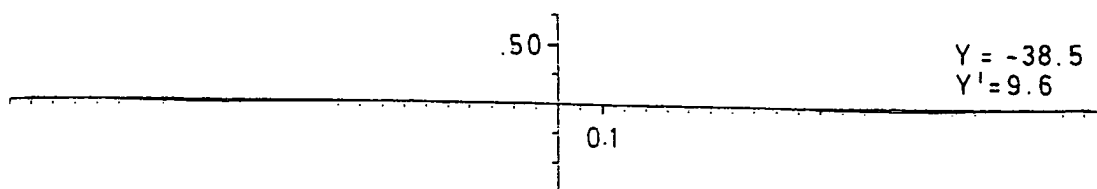
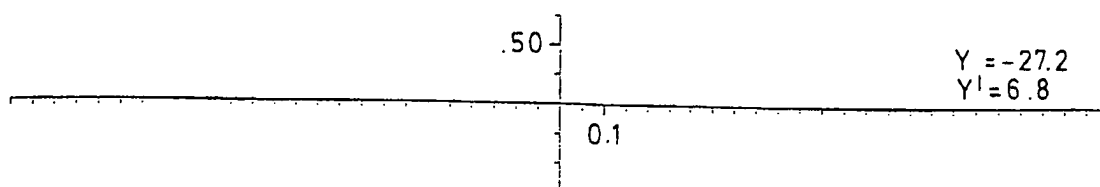
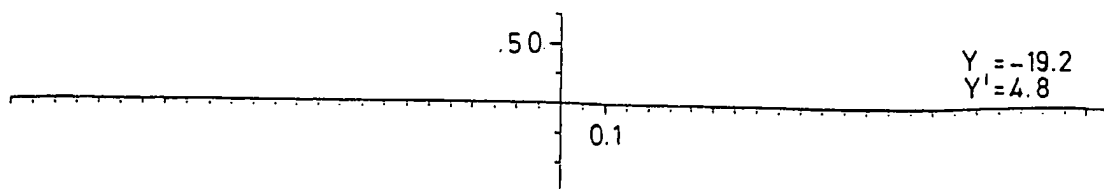
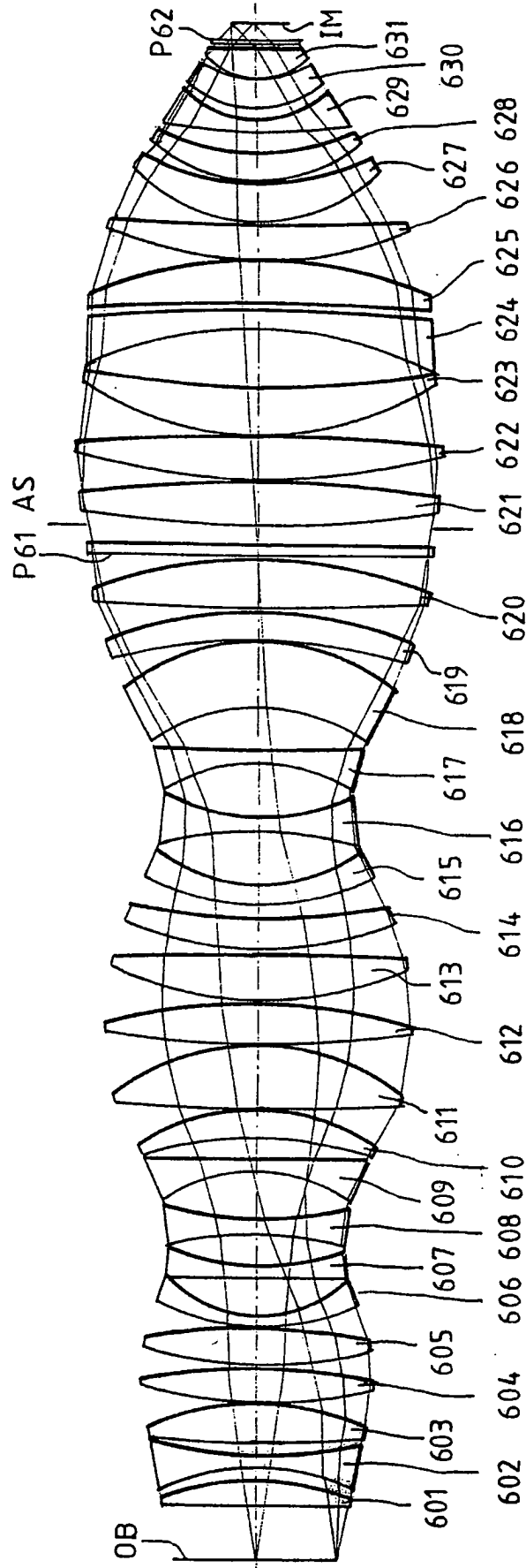
FIG. 7dFIG. 7eFIG. 7f

FIG. 8



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/09235

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G03F7/20 G02B13/14 G02B13/18 G02B13/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G03F G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 198 18 444 A (NIPPON KOGAKU KK) 29 October 1998 (1998-10-29) cited in the application	1-8, 10-12
Y	page 2, line 3 - line 10 page 2, line 20 - line 44 page 3, line 24 - page 4, line 18; figures 1-19; examples 1-9	9, 13
Y	EP 0 783 137 A (ZEISS CARL) 9 July 1997 (1997-07-09)	13
A	page 2, line 3 - line 7  page 2, line 25 - line 29 page 3, line 18 - line 22 page 3, line 59 - page 4, line 5 page 5, line 1 - line 11 abstract; figures 1, 2	1-3, 11, 12
	-/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 March 2000

Date of mailing of the international search report

14/04/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Narganes-Quijano, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 99/09235

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 469 299 A (NAGANO CHIKARA) 21 November 1995 (1995-11-21)	9
A	column 2, line 2 - line 67 column 3, line 38 - line 45; examples 1-6	1-3
A	DE 196 53 983 A (ZEISS CARL FA) 25 June 1998 (1998-06-25) page 2, line 3 - line 8 page 2, line 60 -page 3, line 61; claims 5,11,15,16; figures 1,2,5	1-3,7,9, 11,12
A	EP 0 803 755 A (NIPPON KOGAKU KK) 29 October 1997 (1997-10-29) page 2, line 7 -page 6, line 55 page 9, line 36 - line 38 page 21, line 45 - line 47 page 22, line 15 - line 18; figures 1-6	1-6,8-12
A	DE 197 43 236 A (NIPPON KOGAKU KK) 2 April 1998 (1998-04-02) abstract page 10, line 38 -page 12, line 26; figures 4,6	1-6,8, 10-12
A	EP 0 828 171 A (NIPPON KOGAKU KK) 11 March 1998 (1998-03-11) page 6, line 30 - line 34; figures 11,14; tables 1-3	2,4,8-10
A	US 5 805 344 A (SUENAGA YUTAKA ET AL) 8 September 1998 (1998-09-08) column 1, line 49 -column 2, line 24 column 4, line 33 -column 10, line 30 column 19, line 10 - line 17 column 22, line 37 -column 23, line 19 column 29, line 24 - line 40; figures 9-14	2,4,9
A	US 5 448 408 A (TOGINO TAKAYOSHI ET AL) 5 September 1995 (1995-09-05) column 3, line 11 - line 21 column 4, line 28 - line 41	1-3
A	BRUNING J H: "Optical Lithography - Thirty years and three orders of magnitude" PROC. SPIE - INT. SOC. OPT. ENG., vol. 3049, 1997, pages 14-27, XP000882444 USA cited in the application page 16, line 12 - line 21 page 23, line 1 -page 24, line 25	1-3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/09235

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19818444 A	29-10-1998	JP 11006957 A US 6008884 A	12-01-1999 28-12-1999
EP 0783137 A	09-07-1997	DE 19548805 A JP 9197270 A US 5982558 A	03-07-1997 31-07-1997 09-11-1999
US 5469299 A	21-11-1995	JP 4230718 A	19-08-1992
DE 19653983 A	25-06-1998	WO 9828644 A EP 0888570 A	02-07-1998 07-01-1999
EP 0803755 A	29-10-1997	JP 9292568 A US 5781278 A	11-11-1997 14-07-1998
DE 19743236 A	02-04-1998	US 5852490 A JP 10172904 A US 5920379 A	22-12-1998 26-06-1998 06-07-1999
EP 0828171 A	11-03-1998	JP 10048517 A US 5956182 A	20-02-1998 21-09-1999
US 5805344 A	08-09-1998	EP 0712019 A JP 8179204 A	15-05-1996 12-07-1996
US 5448408 A	05-09-1995	JP 4157412 A US 5260832 A	29-05-1992 09-11-1993

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/09235

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G03F7/20 G02B13/14 G02B13/18 G02B13/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G03F G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 198 18 444 A (NIPPON KOGAKU KK) 29. Oktober 1998 (1998-10-29) in der Anmeldung erwähnt	1-8, 10-12
Y	Seite 2, Zeile 3 - Zeile 10 Seite 2, Zeile 20 - Zeile 44 Seite 3, Zeile 24 -Seite 4, Zeile 18; Abbildungen 1-19; Beispiele 1-9 ---	9,13
Y	EP 0 783 137 A (ZEISS CARL) 9. Juli 1997 (1997-07-09)	13
A	Seite 2, Zeile 3 - Zeile 7  Seite 2, Zeile 25 - Zeile 29 Seite 3, Zeile 18 - Zeile 22 Seite 3, Zeile 59 -Seite 4, Zeile 5 Seite 5, Zeile 1 - Zeile 11 Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 --- -/-	1-3,11, 12

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. März 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14/04/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Narganes-Quijano, F



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/09235

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 469 299 A (NAGANO CHIKARA) 21. November 1995 (1995-11-21)	9
A	Spalte 2, Zeile 2 - Zeile 67 Spalte 3, Zeile 38 - Zeile 45; Beispiele 1-6	1-3
A	DE 196 53 983 A (ZEISS CARL FA) 25. Juni 1998 (1998-06-25) Seite 2, Zeile 3 - Zeile 8 Seite 2, Zeile 60 -Seite 3, Zeile 61; Ansprüche 5,11,15,16; Abbildungen 1,2,5	1-3,7,9, 11,12
A	EP 0 803 755 A (NIPPON KOGAKU KK) 29. Oktober 1997 (1997-10-29) Seite 2, Zeile 7 -Seite 6, Zeile 55 Seite 9, Zeile 36 - Zeile 38 Seite 21, Zeile 45 - Zeile 47 Seite 22, Zeile 15 - Zeile 18; Abbildungen 1-6	1-6,8-12
A	DE 197 43 236 A (NIPPON KOGAKU KK) 2. April 1998 (1998-04-02) Zusammenfassung Seite 10, Zeile 38 -Seite 12, Zeile 26; Abbildungen 4,6	1-6,8, 10-12
A	EP 0 828 171 A (NIPPON KOGAKU KK) 11. März 1998 (1998-03-11) Seite 6, Zeile 30 - Zeile 34; Abbildungen 11,14; Tabellen 1-3	2,4,8-10
A	US 5 805 344 A (SUENAGA YUTAKA ET AL) 8. September 1998 (1998-09-08) Spalte 1, Zeile 49 -Spalte 2, Zeile 24 Spalte 4, Zeile 33 -Spalte 10, Zeile 30 Spalte 19, Zeile 10 - Zeile 17 Spalte 22, Zeile 37 -Spalte 23, Zeile 19 Spalte 29, Zeile 24 - Zeile 40; Abbildungen 9-14	2,4,9
A	US 5 448 408 A (TOGINO TAKAYOSHI ET AL) 5. September 1995 (1995-09-05) Spalte 3, Zeile 11 - Zeile 21 Spalte 4, Zeile 28 - Zeile 41	1-3
A	BRUNING J H: "Optical Lithography - Thirty years and three orders of magnitude" PROC. SPIE - INT. SOC. OPT. ENG., Bd. 3049, 1997, Seiten 14-27, XP000882444 USA in der Anmeldung erwähnt Seite 16, Zeile 12 - Zeile 21 Seite 23, Zeile 1 -Seite 24, Zeile 25	1-3

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/09235

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19818444 A	29-10-1998	JP 11006957 A US 6008884 A	12-01-1999 28-12-1999
EP 0783137 A	09-07-1997	DE 19548805 A JP 9197270 A US 5982558 A	03-07-1997 31-07-1997 09-11-1999
US 5469299 A	21-11-1995	JP 4230718 A	19-08-1992
DE 19653983 A	25-06-1998	WO 9828644 A EP 0888570 A	02-07-1998 07-01-1999
EP 0803755 A	29-10-1997	JP 9292568 A US 5781278 A	11-11-1997 14-07-1998
DE 19743236 A	02-04-1998	US 5852490 A JP 10172904 A US 5920379 A	22-12-1998 26-06-1998 06-07-1999
EP 0828171 A	11-03-1998	JP 10048517 A US 5956182 A	20-02-1998 21-09-1999
US 5805344 A	08-09-1998	EP 0712019 A JP 8179204 A	15-05-1996 12-07-1996
US 5448408 A	05-09-1995	JP 4157412 A US 5260832 A	29-05-1992 09-11-1993